

# PERILAKU KEKUATAN MORTAR TAHAN API DENGAN BAHAN TAMBAH GULA AREN

Nanda Dwi Putri<sup>1)</sup>, Monita Olivia<sup>2)</sup>, Zulfikar Djauhari<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5, Pekanbaru 28293

E-mail: nandadwiputri92@gmail.com

## ABSTRACT

*This study discusses the behavior of fire-resistant mortar strength with the addition of palm sugar. The purpose of the addition of palm sugar is to increase the fireproof mortar strength at high temperatures. Palm sugar content variation used was 0,10%, 0,30%, and 0,50% of the weight of the cement. The test object made in this study were 48 units with details of 12 pieces of mortar OPC+0,10% palm sugar, 12 pieces of mortar OPC+0,30% palm sugar, 12 pieces of mortar OPC+0,50% palm sugar, and 12 OPC mortar normal as a control. Mortar burned at a temperature of 250°C, 500°C, and 750°C for 3 h at 28 days and then tested compressive strength. The results of research and compressive strength before being burned at a temperature of 250°C showed that normal OPC has the highest compressive strength. But at a temperature of 500°C and 750°C a compressive strength of palm sugar mortar OPC+0,10% higher than normal OPC.*

*Keywords: Mortar fire- resistant, palm sugar, OPC, compressive strength,*

## A. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan bencana yang memiliki tingkat kewaspadaan tinggi dan memerlukan penanganan yang cepat. Kebakaran sama dengan bencana alam yang bersifat merugikan dalam bentuk materi maupun non-materi. Gejala yang umum timbul akibat kebakaran bangunan adalah permukaan struktur berwarna hitam karena jelaga asap yang menempel, lapisan plester

terkelupas dari struktur induk, lapisan selimut beton terkelupas sehingga baja tulangan terekspos, elemen struktur mengalami keretakan, terjadinya lendutan pada struktur balok dan lantai. Kebakaran yang terjadi pada gedung, mengakibatkan elemen struktur akan rusak berat, bahkan kemungkinannya keseluruhan bangunan gedung akan runtuh (Partowiyatmo, 2003).

Beton ataupun mortar memiliki kemampuan untuk tahan terhadap suhu tinggi dan kebakaran. Hal ini disebabkan sifat konduktivitas beton dan mortar lebih rendah dibandingkan kayu atau baja. Namun, bukan berarti kebakaran dan perubahan suhu tinggi tidak dapat mempengaruhi beton dan mortar (Arioz, 2007). Perubahan suhu yang ekstrim dapat mempengaruhi karakteristik dari beton dan mortar seperti perubahan warna, kuat tekan, elastisitas, densitas beton dan permukaan beton (Morsy dkk, 2009). Oleh karena itu, banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan api beton/mortar. Penelitian yang dilakukan Novyandri (2008) menambahkan MgO pada beton mutu tinggi dalam ketahanan terhadap api, hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pembakaran kuat tekan beton semakin menurun. Namun dengan penambahan MgO membuat beton mempunyai kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan MgO. Selain itu, Lianasari (2013) mengganti sebagian semen dengan *fly ash* dan menambahkan *water reducer* yaitu Sikament LN dapat meningkatkan kestabilan beton pada temperatur tinggi karena pozzolan yang mengandung silika aktif yang di tambahkan pada pasta semen dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida

yang dapat membuat beton lebih stabil dalam suhu tinggi.

Pengaruh peningkatan suhu yang dialami oleh mortar dapat menyebabkan menurunnya kekuatan mortar. Mortar masih mampu mempertahankan karakteristiknya pada suhu 100°C selama pemanasan di jam pertama. Pada suhu 300°C menyebabkan penurunan kuat tekan mortar hingga 30% dari kekuatan normal. Dan pada suhu yang lebih tinggi (antara 300-1000°C) terjadi proses dekomposisi dan karbonasi yaitu terbentuknya kalsium oksida (CaO) yang berwarna merah jambu keputihan. Hal ini disebabkan oleh penguraian unsur CSH menjadi kapur bebas CaO, SiO<sub>2</sub>, dan uap air. Eksposur terhadap panas yang sangat tinggi akan mengakibatkan perubahan kinerja material yang disebabkan akibat adanya perubahan sifat (properti) dari material tersebut. Jika mortar berada dilingkungan temperatur tinggi maka terjadi proses pembalikan yang disebut dehidrasi dan dekomposisi pada CSH dan Ca(OH)<sub>2</sub> dari senyawa aslinya C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S dan seiring meningkatnya suhu dapat terbentuk senyawa kalsium oksida (CaO) dan silika (SiO<sub>2</sub>). Perilaku material dari bangunan saat mengalami kenaikan suhu juga dipengaruhi oleh lamanya material tersebut terkena panas (Arwin, 2012).

Perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa

kebakaran, akan membawa dampak pada struktur beton. Karena pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang akan

menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimia secara kompleks (Zacoeb dan Anggraini, 2005).

Tabel 1. Perubahan kimia dan mekanik beton akibat suhu tinggi

Temperatur yang dicapai	Perubahan Akibat Pemanasan	
	Perubahan Kimia	Perubahan Mekanik
70-80°C	Disosiasi etringette ( $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ) yang menyebabkan penipisan ikatan semen.	
105°C	Kehilangan ikatan fisik air pada agregat dan semen serta meningkatnya porositas dan retak mikro.	Penurunan kekuatan yang minor (<10%)
120-163°C	Dekomposisi gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) menyebabkan penipisan ikatan semen.	
250-350°C	Perubahan warna agregat menjadi pink/ merah yang disebabkan oleh oksidasi senyawa besi dimulai sekitar 300°C. Kehilangan ikatan air pada semen dan meningkatnya degradasi.	Kehilangan kekuatan secara signifikan mulai suhu 300°C
450-500°C	Dehidroksilasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menyebabkan penipisan ikatan semen. Pada suhu 250-450°C terjadi perubahan warna menjadi putih/keabu-abuan.	
573°C	Terjadinya perbesaran volume kuarsa sebanyak 5% menyebabkan retak radial disekeliling butiran kuarsa pada agregat.	
600-800°C	Dekarbonasi pada karbonat misalnya agregat mengandung kapur, hal ini menyebabkan kontraksi pada beton karena pelepasan karbon dioksida. Kontraksi volume beton akan menyebabkan keretakan mikro pada beton.	Beton kehilangan kekuatan struktural setelah pemanasan pada 550-600°C
800-1200°C	Pelepasan sempurna senyawa kapur karena pemisahan antara semen dan agregat dan tekanan suhu ekstrim, menyebabkan perubahan warna abu-abu pada beton dan terlihatnya retakan mikro. Partikel kapur akan berubah menjadi warna putih.	
1200°C		Beton mulai hancur
1300-1400°C		Beton hancur

Sumber: Ingham, J., 2007

Secara tradisional salah satu bahan tambah yang biasa digunakan untuk meningkatkan ketahanan api adalah dengan gula. Penambahan gula yang disebarkan secara merata ke dalam adukan beton dapat mencegah terjadinya retakan-retakan mikro dalam beton yang terlalu dini, baik akibat

panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Birru dan Windya, 2009).

Susilorini dan Sambowo (2011) menyatakan bahwa dengan penambahan gula pada dosis tertentu dapat mempercepat atau justru memperlambat waktu pengikatan semen dan pengerasan beton

serta meningkatkan kinerja kuat tekan mortar dan beton. Bahan tambah berbasis gula untuk campuran beton yang menggunakan sukrosa, gula pasir, dan larutan tebu, adalah bahan tambah yang ramah lingkungan, mampu meningkatkan kuat tekan beton serta memiliki keawetan.

Pemanfaatan gula sebagai bahan bangunan telah digunakan pada pembangunan stasiun Victoria di London. Pekerja menambahkan gula untuk memperlambat pengerasan beton terutama pada saat cuaca panas sehingga pekerja memiliki waktu menyelesaikan pekerjaan (Telegraph Media Group Limited, 2014).

Gula aren merupakan zat yang termasuk dalam golongan karbohidrat senyawa disakarida yaitu sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Sukrosa pada gula aren merupakan senyawa organik yang mengandung unsur C, H, dan O. Apabila senyawa organik ini dibakar, akan menghasilkan uap air ( $H_2O$ ) dan gas karbondioksida ( $CO_2$ ). Saat gula (sukrosa) dipanaskan atau terkena suhu tinggi maka sukrosa akan meleleh atau mencair. Semakin tinggi suhu pembakaran maka akan terjadi perubahan warna gula menjadi cokelat. Perubahan ini disebut dengan proses karamelisasi. Gula mulai meleleh pada suhu  $160^{\circ}C$  dan menjadi karamel pada suhu  $170^{\circ}C$  (John Wiley & Sons, Inc. 2006). Karamelisasi adalah reaksi kompleks

yang melibatkan pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana, diikuti dengan proses polimerisasi menjadi molekul yang lebih besar, oksidasi, isomerisasi (mengubah bentuk molekul tanpa mengubah jumlah dan jenis atom di dalamnya), dan reaksi lainnya (Field, 2015).

Penelitian ini mencoba memanfaatkan gula aren sebagai bahan tambah dalam campuran mortar yang dapat berfungsi memperkuat ikatan antara pasta semen dengan agregat, sehingga apabila mortar mengalami pembakaran pada suhu yang tinggi, kekuatan mortar dengan gula aren kekuatan tekannya lebih baik dibandingkan mortar tanpa penambahan gula aren.

## **B. METODOLOGI PENELITIAN**

### **1. Pemeriksaan Karakteristik Material**

Metode penelitian meliputi pengujian karakteristik bahan dasar material campuran yang digunakan dalam pembuatan mortar tahan api. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian karakteristik agregat halus dan gula aren. Agregat halus yang digunakan berasal dari *quarry* Rimbo Panjang Kabupaten Kampar dan gula aren yang digunakan berasal dari daerah Duri Kabupaten Bengkalis. Pengujian agregat halus meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat volume, kadar organik, dan kadar lumpur.

Pengujian gula aren meliputi pengujian karakteristik kimia gula aren.. Pengujian karakteristik kimia gula aren dilakukan dengan mengirim sampel gula aren ke UPT Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang, Pekanbaru.

## 2. Pembuatan dan Perawatan Mortar

Perencanaan campuran mortar mengacu pada standar yang telah ditetapkan di SNI 03-6825-2002. Material utama yang dibutuhkan adalah semen, pasir dan air. Pada penelitian ini dilakukan pencampuran mortar dengan dengan komposisi gula aren 0%, 0,1%, 0,3%, dan 0,5% dari berat semen.

Tabel 2. Variasi mix design

Tipe	Curing Suhu Ruang			
	Kontrol	250°C	500°C	750°C
0%	3	3	3	3
0,1%	3	3	3	3
0,3%	3	3	3	3
0,5%	3	3	3	3

Perencanaan campuran mortar yang berdasarkan SNI 03-6825-2002 menetapkan komposisi mortar dengan perbandingan semen, pasir dan air adalah 1:2,75:0,55. Untuk setiap 6 specimens ukuran 5x5x5 cm dibutuhkan 500 gr semen, 1375 gr pasir, dan 275 ml air. Berdasarkan jumlah benda uji yang dibuat maka perhitungan kebutuhan pasir, semen dan air yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Variasi gula	Kebutuhan material			
	Semen (gr)	Pasir (gr)	Air (mL)	Gula (gr)
0%	1000	2750	550	0
0,1%	1000	2750	550	1
0,3%	1000	2750	550	3
0,5%	1000	2750	550	5
Total	4000	11000	2200	9

Bahan-bahan dasar material pembentuk mortar dicampur menggunakan mixer sampai campuran merata, dan homogen kemudian dicetak. Setelah benda uji mengeras maka benda uji dilepas dari cetakan dan dilakukan perawatan selama 28 hari agar proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 1. Persiapan alat dan bahan



Gambar 2. Pembuatan dan perawatan sampel

Tabel 3. Komposisi bahan penyusun mortar

### 3. Pengujian Mortar Tahan Api

Pengujian sampel dilakukan pada umur mortar 28 hari. Proses pengujian sampel dengan memfurnace mortar selama 3 jam setelah suhu furnace masing-masing 250°C, 500°C, dan 750°C. Pengujian sampel dilakukan setelah benda uji dingin atau suhu ruang. Jenis pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan. Pengujian kuat tekan menggunakan mesin uji tekan (Compressing Test Machine). Pembebanan dilakukan hingga benda uji menjadi hancur. Beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan dicatat. Pengukuran kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$f'_c$  = kuat tekan, MPa

P = gaya tekan maksimum, N

A = luas penampang benda uji, mm<sup>2</sup>

Prosedur pengujian kuat tekan mortar adalah sebagai berikut:

- Melakukan pembebanan dengan alat uji tekan sampai benda uji menjadi pecah.
- Beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat.
- Kuat tekan mortar dihitung berdasarkan persamaan (1).



Gambar 3. Pengujian kuat tekan

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pemeriksaan Agregat

Hasil pengujian karakteristik agregat halus yang berasal dari *quarry* Rimbo Panjang kabupaten Kampar dapat dilihat pada Tabel 4. Dari pengujian karakteristik agregat halus diketahui bahwa kadar air dan nilai absorpsi tidak memenuhi nilai standar. Untuk jenis pemeriksaan lainnya telah memenuhi standar spesifikasi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

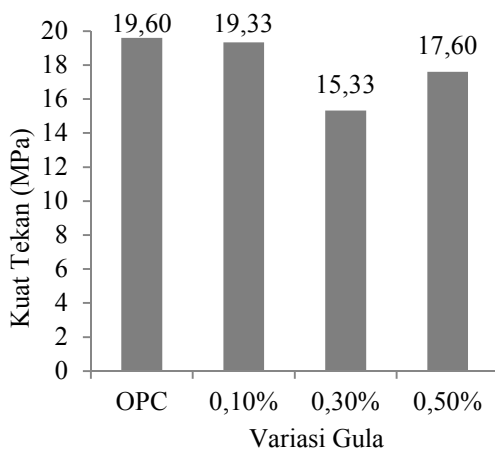
Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
Modulus kehalusan	2,95	1,5-3,8
Kadar air (%)	1,85	3-5
Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,68	2,58-2,84
b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,60	2,58-2,85
c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,63	2,58-2,86
d. <i>Absorption (%)</i>	1,24	2-7
Berat Volume		
a. Kondisi padat	1,70	1,4-1,9
b. Kondisi gembur	1,59	1,4-1,9
Kadar Organik	No. 3	≤ No. 3
Kadar lumpur (%)	4,49	< 5



## 2. Hasil Pemeriksaan Gula Aren

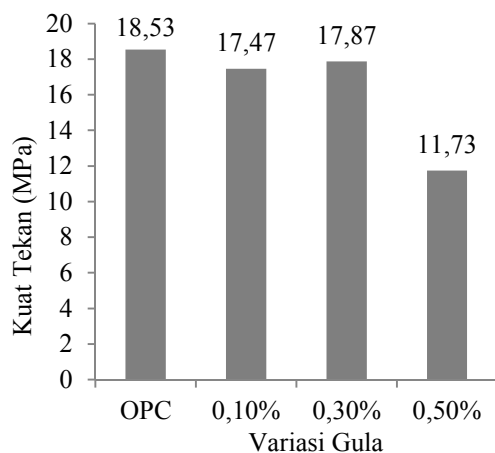
Pengujian karakteristik kimia gula aren bertujuan untuk mengetahui kandungan sukrosa dan kadar air gula aren yang akan digunakan sebagai campuran mortar. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kadar air gula aren adalah 6,78% dan jumlah sukrosa dalam gula aren sebanyak 74,14%.

## 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan



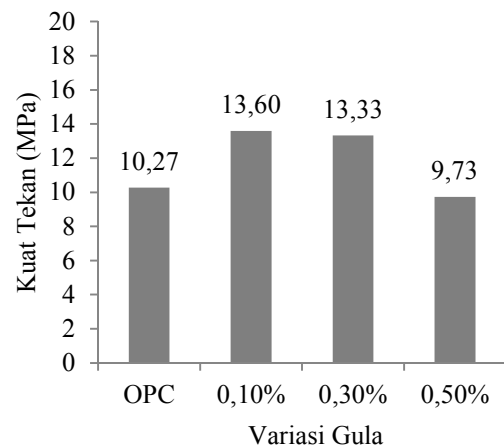
Gambar 4. Grafik kuat tekan tanpa bakar

Gambar 4. menunjukkan hasil kuat tekan tanpa bakar. Mortar yang kuat tekan paling tinggi adalah OPC.



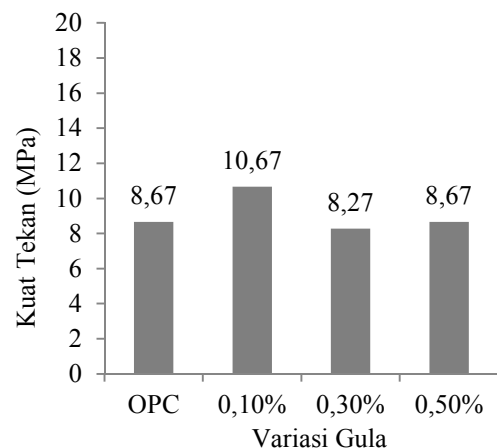
Gambar 5. Grafik kuat tekan suhu 250°C

Gambar 5. menunjukkan hasil kuat tekan suhu 250°C. Mortar yang kuat tekan paling tinggi adalah OPC.



Gambar 6. Grafik kuat tekan suhu 500°C

Gambar 6. menunjukkan hasil kuat tekan suhu 500°C. Mortar yang kuat tekan paling tinggi adalah OPC+gula aren 0,10%.



Gambar 7. Grafik kuat tekan suhu 750°C

Gambar 7. menunjukkan hasil kuat tekan suhu 750°C. Mortar yang kuat tekan paling tinggi adalah OPC+ gula aren 0,10%.

Mortar OPC+gula aren 0,10% kuat tekannya paling tinggi pada suhu 500°C dan 750°C, hal ini mungkin dikarenakan

terjadinya proses polimerisasi sukrosa akibat suhu tinggi.

Hasil uji kuat tekan mortar dengan bahan tambah gula aren menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah gula aren yang di tambahkan maka kekuatan mortar semakin berkurang. Pinto dkk., (2011) menyatakan bahwa kekuatan mortar berkurang dengan semakin banyak penambahan gula dalam campuran mortar. Bertambahnya dosis bahan tambah berbasis gula di dalam beton tidak menjamin kenaikan kuat tekan, karena akan terjadi *killer-setting*, dimana beton menggumpal, tidak terjadi pengikatan, sehingga beton tidak padat dan makin getas (Susilorini, 2010).

#### **D. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap mortar OPC dan OPC+gula, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan mortar curing awal suhu ruang paling tinggi saat mortar belum dibakar dan pada suhu 250°C adalah OPC. Pada suhu 500°C dan 750°C kuat tekan paling tinggi adalah OPC+0,10% gula aren
2. Mortar yang mengalami kebakaran, kekuatan mortar dan perilakunya dipengaruhi oleh variasi temperatur, semakin tinggi suhu pembakaran maka

kuat tekan akan berkurang. Namun dengan penambahan gula aren sebanyak 0,10% membuat beton mempunyai kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan gula aren.

#### **E. SARAN**

Berdasarkan hasil pengalaman penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium, maka dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat dipergunakan untuk penelitian lanjutan:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk berbagai macam fas, variasi gula, durabilitas mortar gula, dan reaksi kimia yang terjadi pada mortar dengan bahan tambah gula aren.
2. Agregat yang akan digunakan sebagai material benda uji, perlu dijaga kualitasnya agar pada saat pengujian karakteristik agregat, nilai-nilai karakteristiknya sesuai standar spesifikasi yang telah ditetapkan.
3. Perlu adanya perencanaan waktu yang baik dalam pembuatan benda uji, agar pengujian dapat dilakukan sesuai jadwal yang telah diperhitungkan.

#### **F. UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian terutama kepada:



1. Dosen Pembimbing, Ibu Monita Olivia dan Bapak Zulfikar Djauhari yang telah membimbing dan selalu memberikan motivasi serta masukan hingga penelitian ini dapat terselesaikan.
2. Orang tua, abang, dan adik yang selalu tanpa henti memberikan motivasi serta kepercayaan selama penelitian ini.
3. Asisten Laboratorium Bahan Bangunan, Laboratorium Mekanika Tanah, Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik, dan Laboratorium Kimia Fisika FMIPA Universitas Riau.
4. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil Universitas Riau.

## G. DAFTAR PUSTAKA

- Arioz O. 2007. Effect of Elevated Temperature on Properties of Concrete. *Fire Safety Journal*. Pp. 516- 522.
- Arwin A. 2012. Studi Penggunaan Semen Portland Pozzolan Terhadap Karakteristik Mortar Akibat Kenaikan Suhu. *Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanudin, Makassar. Group Teknik Sipil, ISBN: 978-979-127255-0-6, Volume 6 : Desember 2012*.
- Birru dan Windya. 2009. Kinerja Kuat Tekan Mortar & Beton Dengan Bahan Tambah Larutan Tebu Pada Umur 28, 56, 84 Hari. *Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang*.
- Ingham, JP. Assessment of fire-damaged concrete and masonry structures: The application of petrography, *Proceedings of the 11th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Porto, Portugal, 5–9 June 2007*.
- John Wiley & Sons, Inc. 2006. Food Science Basics: Effects of Heat on Starches and Sugars. <http://chefsblade.monster.com/training/articles/215-food-science-basics-effects-of-heat-on-starches-and-sugars>, diakses pada 07 Mei 2015, Pkl. 10.10 WIB.
- Lianasari, A.E. 2013. Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Sifatmekanik Beton *Fly Ash* dengan Penambahan *Water Reducer*, Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS) - Surakarta, 24-26 Oktober 2013.
- Morsy, M.S., dkk. 2009. Effect of elevated temperature on Physico-Mechanical Properties of Metakaolin Blended Cement Mortar. *Structural Engineering and Mechanics*, 31 (2009), Pp. 1-10.
- Novyandri, Tanjaya. 2008. Analisis Penambahan MgO pada Beton Mutu Tinggi dalam Ketahanan Terhadap Api. *Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara*.
- Partowiyatmo, Amir. 2003. Degradasi Kekuatan Beton Akibat Pengaruh Kebakaran, Buku “*Concrete Repair dan maintenance*”, Yayasan JHON HI-TECH IDETAMA, Jakarta.
- Pinto, J, dkk. 2011. Building with sugar and corn. *University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*.
- Susilorini, R., Sambowo K. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton*. Edisi ke-2. Semarang. Surya Perdana Semesta.
- Susilorini, R. (2010). Pemanfaatan Material Lokal untuk Teknologi Beton Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan, Laporan Akhir, DP2M, Ditjen Dikti.

Telegraph Media Group Limited. 2014. Why sugar helped remove Victoria Line concrete flood. <http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/10594718/Why-sugar-helped-remove-Victoria-Line-concrete-...>, diakses pada 14 Februari 2015, Pkl. 10.05 WIB.

Zacoeb, A. dan Anggraini, R. 2005. Kuat Tekan Beton Pasca Bakar, [http://bppft.brawijaya.ac.id/?hlm=bpe\\_nelitian&view=full&thnid=2005&pid1153962006](http://bppft.brawijaya.ac.id/?hlm=bpe_nelitian&view=full&thnid=2005&pid1153962006), diakses pada 14 Februari 2015, Pkl. 13.42 WIB.